

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-339396

(43)Date of publication of application : 24.12.1996

(51)Int.Cl. G06F 17/50
G06F 17/00

(21)Application number : 08-089806

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 11.04.1996

(72)Inventor : YOSHIDA TORU
USUDA MATSUO
HASHIMOTO KOJI

(30)Priority

Priority number : 07 86588 Priority date : 12.04.1995 Priority country : JP

(54)

PLATE

(57)Abstract:

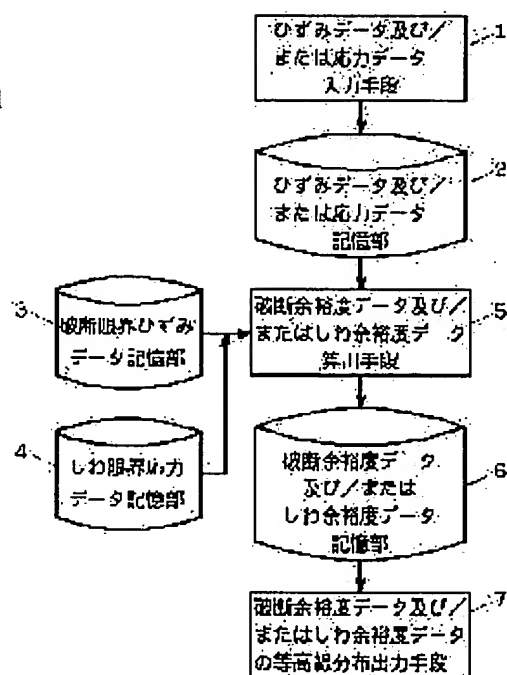
a working condition by providing a means outputting the contour line distribution of break/ wrinkle tolerance data concerning the result of numerical

element method.

CONSTITUTION: The strain/stress data of each element which is obtained by an FEM (finite element method) analysis is fetched into a data input means 1 and is written in a storage part 2. Next, the material kind and the strength of material are designed and each breaking limit strain/wrinkle limit stress data

calculation means 5 of break/wrinkle tolerance data, a break/wrinkle tolerance is calculated from the relation of the strain/stress amount of each element, and the degree is made to be written in a storage part 6. Next, in the contour line distribution output means 7 of break/wrinkle tolerance data, the form diagram

wrinkle tolerance are sectioned for every some levels is drawn is outputted to



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

List of Prior Arts for Information Disclosure Statement

Our Ref: 03USFP864-M.K.

Please file the following reference(s) at the same time when the application is filed or immediately when they are received.

No.	Title of the Reference	Described in Specification	English	Enclosed	First cited
1	JP-A-Heisei 8-339396	yes	no	yes	yes
2	0				
3	0				
4	0				
5	0				
6	0				
7	0				
8	0				

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-339396

(43)公開日 平成8年(1996)12月24日

(51)Int.Cl. ^a	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 17/50			G 0 6 F 15/60	6 1 2 C
17/00		9168-5L	15/20	D

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平8-89806

(22)出願日 平成8年(1996)4月11日

(31)優先権主張番号 特願平7-86588

(32)優先日 平7(1995)4月12日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 吉 田 亨

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(72)発明者 白 田 松 男

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(72)発明者 橋 本 浩 二

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

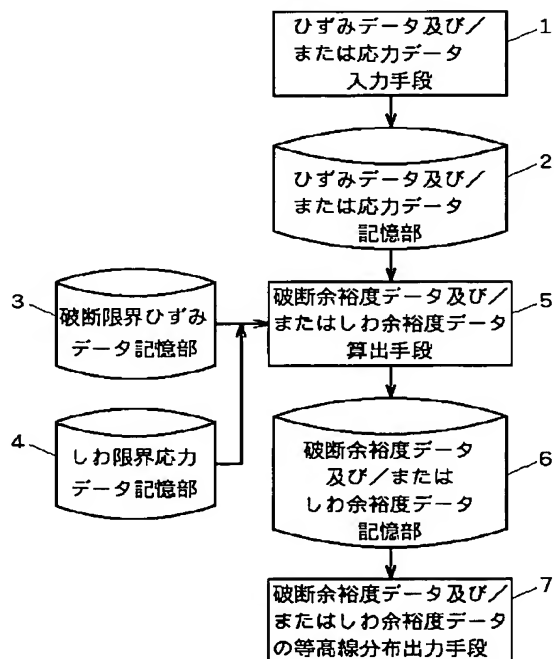
(74)代理人 弁理士 杉 信 興

(54)【発明の名称】 金属板の変形過程の数値シミュレート結果の処理装置

(57)【要約】

【目的】 金属板の塑性変形加工時のひずみ分布を有限要素法で数値シミュレートしたときの解析結果に基づいた、画面上における成形可否判定を容易にする。

【構成】 有限要素法で得られた要素のひずみデータ及び/または応力データをひずみデータ及び/または応力データ記憶部に入力する入力手段、及び、破断限界ひずみデータ及び/またはしわ限界応力データの記憶部を有し、前記入力手段で入力した要素のひずみデータ及び破断限界ひずみデータ記憶部から要素の破断余裕度を算出する手段及び/または前記入力手段で入力した要素の応力データ及びしわ限界応力データ記憶部から要素のしわ余裕度を算出する手段と、破断余裕度データ及び/またはしわ余裕度データの記憶部を有し、破断余裕度データ及び/またはしわ余裕度の等高線分布を出力する手段を有することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 金属板が塑性変形する過程を有限要素法で数値シミュレートして得られた各要素のひずみデータをひずみデータ記憶部に入力する入力手段、破断限界ひずみデータを格納した破断限界ひずみデータ記憶部、該破断限界ひずみデータ記憶部の破断限界ひずみデータと前記入力手段で入力した各要素のひずみデータから各要素の破断余裕度を算出する破断余裕度算出手段と、算出した各要素の破断余裕度を記憶する破断余裕度データ記憶部、および、該破断余裕度データ記憶部の破断余裕度データの等高線分布を出力する手段、を有する金属板の変形過程の数値シミュレート結果の処理装置。

【請求項 2】 金属板が塑性変形する過程を有限要素法で数値シミュレートして得られた要素の応力データを応力データ記憶部に入力する入力手段、しわ限界応力データを格納したしわ限界応力データ記憶部、該しわ限界応力データ記憶部のしわ限界応力データと前記入力手段で入力した各要素の応力データから各要素のしわ余裕度を算出するしわ余裕度算出手段と、算出した各要素のしわ余裕度を記憶するしわ余裕度データ記憶部、および、該しわ余裕度データ記憶部のしわ余裕度データの等高線分布を出力する手段、を有する金属板の変形過程の数値シミュレート結果の処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、金属板が塑性変形する過程を有限要素法で数値シミュレートしたときの解析結果を画面に表示するためのデータ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、鍛造、圧延、プレス成形などの、材料の塑性変形を伴う成形加工分野では、的確な素材形状、金型、加工条件が設定されることで、成形品の品質向上およびコストダウンが図れることが知られている。そこで、現在においては、短期間で安定生産条件を決定するため、有限要素法（FEM）による数値シミュレートをを用いた加工性の予測評価が広く用いられている。

【0003】有限要素法は、外力を受け変形する物体を多数の小領域（要素）に仮想的に分割し、各要素内の変位と力の関係から全体の変形形状やひずみ分布及び／または応力分布を数値的に計算するもので、入力するパラメータを変更することで、様々な加工条件の場合の成形品の変形状態を調査することができる。有限要素法によるシミュレート結果を計算機のディスプレイ画面等に表示する方法が広く使われており、解析結果を視覚的に知ることができる。

【0004】図 4 は、金属板が塑性変形する過程を有限要素法でシミュレートした結果を表示する従来のデータ処理装置の概要を示すブロック図である。図 4 において

1 はシミュレートにより得たひずみデータ及びまたは応力データを入力する入力手段、2 は入力されたひずみデータ及び／または応力データの記憶部、10 はひずみデータ及び／または応力データの等高線分布出力手段を示す。従来の方法では、ひずみデータ及び／または応力データ入力手段 1 により、有限要素法による数値シミュレート結果である各要素のひずみデータ及び／または応力データをひずみデータ及び／または応力データ記憶部 2 に入力している。ひずみデータ及び／または応力データ記憶部に入力された上記ひずみデータ及び／または応力データが、ひずみデータ及び／または応力データの等高線分布出力手段 10 において、例えばディスプレイ画面などにひずみ値及び／または応力値をレベルごとに色分けしたり、線で区切るなどして変形図上に等高線分布として出力される。その分布図より、任意の成形段階の、金属板の任意の位置のひずみ状態及び／または応力状態を知ることができる。図 12 に、従来の表示方法によるひずみの等高線分布表示例を示す。この表示の中の等高線が、同一ひずみ値の位置を示す。

【0005】また図 18 に、従来の表示方法による応力の等高線分布表示例を示す。この表示の中の等高線が、同一応力値の位置を示す。

【0006】実際の金属板の加工では引張応力が支配的であるため、加工の進展に伴って破断現象が生じやすいなど、加工上の問題が多い。金属板の破断限界を評価するとき、破断部のひずみ量を目安とすることができ、図 5 に示すように、座標軸に主ひずみをとった破断限界線を用いることが多い。成形過程のひずみが破断限界線に達していない場合は、成形可能と判断でき、破断限界線に達した場合は破断の発生、もしくは、その危険性が高いと判断することができる。

【0007】また、金属板の加工では、金型による拘束から板面内に圧縮応力が生じた場合に、加工の進展に伴ってしわ発生を起こす等の問題も多い。金属板のしわ発生限界を評価するとき、板面内の圧縮応力量を目安とすることができ、図 6 に示すように、座標軸に主応力をとったしわ限界線も作成されている。成形過程の応力がしわ限界線に達していない場合は、成形可能と判断でき、しわ限界線に達した場合はしわの発生、もしくは、その危険性が高いと判断することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図 5 の破断限界線に示されるように、破断部のひずみ量は変形状態に依存しており、すなわち、主ひずみ ε_1 と ε_2 の比 ε により限界のひずみ量 ε_1^* は異なる値となる。また、図 6 のしわ限界線に示されるように、しわ発生部の応力量は変形状態に依存しており、すなわち、主応力 σ_1 と σ_2 の比 ρ により限界の応力量 σ_1^* は異なる値となる。そのため、金属板の成形過程を有限要素法で解析した結果を従来の表示方法を用いてひずみ分布または応力分布を表示

しただけ（例えば図12）では、その成形において素材のひずみが破断限界ひずみに達したかどうか、また応力がしわ限界応力に達したかどうかを判断できず、型設計者が解析結果の出力結果を見て、加工性の良否を即座に把握し、設計変更を行うことが困難であった。

【0009】そこで、本発明の目的は、金属板が塑性変形する過程を有限要素法で数値シミュレートした結果を表示する際に、設計者が加工不良の発生の有無や不良の発生場所を瞬時に把握可能であり、型設計ならびに加工条件の修正過程の効率アップを図った、データ処理装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のデータ処理装置は、金属板が塑性変形する過程を有限要素法で数値シミュレートして得られた各要素のひずみデータをひずみデータ記憶部に入力する入力手段、破断限界ひずみデータを格納した破断限界ひずみデータ記憶部、該破断限界ひずみデータ記憶部の破断限界ひずみデータと前記入力手段で入力した各要素のひずみデータから各要素の破断余裕度を算出する破断余裕度算出手段と、算出した各要素の破断余裕度を記憶する破断余裕度データ記憶部、および、該破断余裕度データ記憶部の破断余裕度データの等高線分布を出力する手段、を有する。

【0011】また、本発明のデータ処理装置は、金属板が塑性変形する過程を有限要素法で数値シミュレートして得られた要素の応力データを応力データ記憶部に入力する入力手段、しわ限界応力データを格納したしわ限界応力データ記憶部、該しわ限界応力データ記憶部のしわ限界応力データと前記入力手段で入力した各要素の応力データから各要素のしわ余裕度を算出するしわ余裕度算出手段と、算出した各要素のしわ余裕度を記憶するしわ余裕度データ記憶部、および、該しわ余裕度データ記憶部のしわ余裕度データの等高線分布を出力する手段、を有する。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明のデータ処理装置の概要を示す。図1において1はひずみデータ及び／または応力データ入力手段、2はひずみデータ及び／または応力データの記憶部、3は破断限界ひずみデータの記憶部、4はしわ限界応力データの記憶部、5は破断余裕度データ及び／またはしわ余裕度データの算出手段、6は破断余裕度データ及び／またはしわ余裕度データの記憶部、7は破断余裕度データ及び／またはしわ余裕度データの等高線分布出力手段である。まず、金属板の変形過程をFEM解析して得られた各要素のひずみデータ及び／または応力データをデータ入力手段1において取り込み、ひずみデータ及び／または応力データの記憶部2に書き込む。次に、破断限界ひずみデータの記憶部3及び／またはしわ限界応力データの記憶部4から、素材の材種、材料強度、材料グレード、表面処理情報を指定

し、破断限界ひずみデータ及び／しわ限界応力データを抽出する。尚、破断限界ひずみデータ記憶部3には、これらの情報で特定される破断限界ひずみデータ8（図2）が登録してある。また、しわ限界応力データ記憶部4には、これらの情報で特定されるしわ限界応力データ9（図3）が登録してある。これらの破断限界ひずみデータ及び／またはしわ限界応力データは実験的に測定されたものでも、理論解析で求められたものでも良い。

【0013】さらに、破断余裕度データ及び／またはしわ余裕度データの算出手段5において、破断限界ひずみデータ記憶部3から抽出された破断限界ひずみデータ及び／またはしわ限界応力データ記憶部4から抽出されたしわ限界応力データから、ひずみデータ及び／または応力データ記憶部2の各要素のひずみ比及び／または応力比で指定される、破断限界ひずみ量及び／またはしわ限界応力量を算出し、各要素のひずみ量及び／または応力量の関係から破断余裕度及び／またはしわ余裕度を算出する。このときの破断余裕度及び／またはしわ余裕度の算出方法としては、破断限界ひずみ量及び／またはしわ限界応力量と各要素のひずみ量及び／または応力量の差と破断限界ひずみ量及び／またはしわ限界応力量の比から計算できるが、他の算出方法を用いても良い。上記方法で算出された破断余裕度データ及び／またはしわ余裕度データは、破断余裕度データ及び／またはしわ余裕度データ記憶部6に書き込まれる。

【0014】次に、破断余裕度データ及び／またはしわ余裕度データの等高線分布出力手段7において、計算機のディスプレイやプリンタ等の出力装置に、破断余裕度及び／またはしわ余裕度をいくつかのレベルごとに区分した等高線分布が描かれた形状図を出力する。区分ごとに表示する方法としては、色分けしたり、線で区切るなどしていれば良く、区分数は2以上あれば良い。

【0015】この方法で破断余裕度及び／またはしわ余裕度が表示できるのは、板成形において材料の種類や表面性状によって異なる破断限界ひずみデータ及び／またはしわ限界応力データを記憶する手段と、各要素の破断余裕度及び／またはしわ余裕度を算出する手段を有するためであり、したがって、FEMで計算されたひずみデータ及び／または応力データを読み込むだけで、視覚的に、成形余裕度の大小を容易に判定することができる。

【0016】

【実施例】

〔実施例1〕以下、この発明の、解析結果の表示方法の一実施例を説明する。図7～9には本発明の実施例を説明するためのFEM解析例が示されている。図7はFEM解析した張出し成形試験の工具形状を示したものである。図8は解析モデルの初期形状を示すものであり、加工される金属板、すなわち、変形体の解析対象領域は要素数160、節点数189に要素分割されている。このときの金属板の材料の分類を表1に示す。図9はFEM解析に

よって得られる変形形状を示したものである。このとき、表2に示すように各要素ごとに主ひずみ値 ε_1 、 ε_2 が得られる。

【0017】

【表1】

材種	鋼板
材料強度	300MPa級
材料グレード	JIS G 3141 SPCE
表面処理	なし

【0018】

【表2】

要素番号 N	板面内最大 主ひずみ ε_{1N}	板面内最小 主ひずみ ε_{2N}
1	0.32	-0.05
2	0.36	-0.09
3	0.40	-0.12
4	0.44	-0.14
5	0.48	-0.16
6	0.51	-0.20
7	0.53	-0.20
8	0.55	-0.24
9	0.56	-0.28
10	0.54	-0.27
.	.	.
.	.	.
.	.	.
160	0.00	0.00

【0019】以下、図1を参照して本発明の一実施例を説明する。

【0020】(1) まず、表2に示したFEMによって計算された各要素の主ひずみ値 ε_1 、 ε_2 をひずみデータ入力手段1によって入力し、ひずみデータ記憶部2に記憶する。

(2) 破断限界ひずみデータ記憶部3から表1に示す分類の材料に対応する破断限界ひずみデータを呼び出す。破断限界ひずみデータは図10に示す様に両軸に主ひずみをとった平面座標系に曲線で表現されているものである。

【0021】(3) 破断余裕度データ算出手段5において各要素の破断余裕度を算出する。要素番号Nのひずみ値を図10の様に限界ひずみ線図上に記し、 A_N 点とすると、原点Oから A_N 点の延長線と限界ひずみ線との交点 B_N を求める。OB_Nと $A_N B_N$ の距離を算出し、割合を算出し、これを破断余裕度とする。具体的には、要素番号Nのひずみデータを(ε_{1N} 、 ε_{2N})とし、限界ひずみデータを(ε_{1N}^* 、 ε_{2N}^*)とすると、要素番号Nの成形余裕度 I_N は以下の式で算出する。

【0022】

$$I_N(\%) = (\varepsilon_{1N}^* - \varepsilon_{1N}) / \varepsilon_{1N}^* \times 100$$

上記の式を全要素について計算する。これにより、表3に示す様に全要素の破断余裕度が得られる。これらの破断余裕度データは記憶部6に記憶する。

【0023】(4) 破断余裕度データの等高線分布出力手段7により、図11に示すように破断余裕度の等高線分布を画面ディスプレイ等の出力装置に出力する。図11に示される等高線は同一値の破断余裕度の位置を表わ

し、等高線に付した数値が破断余裕度を表わし、この値が大きい程破断余裕度が高いことを意味する。破断余裕度0の等高線は、限界ひずみ境界線である。

【0024】

【表3】

要素番号 N	破断余裕度 $I_N(\%)$
1	40
2	34
3	30
4	24
5	18
6	14
7	4
8	9
9	0
10	12
.	.
.	.
.	.
16	100

【0025】【実施例2】図13～15には本発明例の実施例を説明するためのFEM解析例が示されている。

図13はFEM解析した深絞り成形試験の工具形状を示したものである。図14は解析モデルの初期形状を示すものであり、加工される金属板、すなわち、変形体の解析対象領域は要素数900、節点数961に要素分割されている。このときの金属板の材料の分類を表1に示す。図15はFEM解析によって得られる変形形状を示したものである。このとき、表4に示すように各要素ごとに主応力値 σ_1 、 σ_2 が得られる。

【0026】

【表4】

7

要素番号 N	板面内最大 主応力 σ_{1N} (MPa)	板面内最大 主応力 σ_{2N} (MPa)
1	11	-20
2	10	-5
3	21	0
4	30	6
5	25	10
6	45	12
7	72	21
8	58	16
9	33	11
10	28	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
900	0	0

10

【0027】以下、図1のフローに従って本発明例を説明する。

【0028】(1) まず、表4の示したFEMによって計算された各要素の主応力値 σ_1 、 σ_2 を応力データ入力手段1において入力し、応力データ記憶部2に記憶する。

【0029】(2) しわ限界応力データ記憶部4から表1に示す分類の材料に対応するしわ限界応力データを読み出す。しわ限界応力データは図16に示す様に両軸に主応力をとった平面座標系に曲線で表現されているものとする。

【0030】(3) しわ余裕度データ算出手段5において各要素のしわ余裕度を算出する。要素番号Nの応力値を図16の様に限界応力線図上に印し、 C_N 点とすると、原点Oから C_N 点の延長線と限界応力線との交点 D_N を求めることができる。OD $_N$ と $C_N D_N$ の距離を算出し、割合を求めることでしわ余裕度を算出する。具体的には要素番号Nの応力データを(σ_{1N} 、 σ_{2N})とし、限界応力データを(σ^*_{1N} 、 σ^*_{2N})とすると、要素番号Nのしわ余裕度 I_{WN} は以下の式で計算される。

【0031】

$$I_{WN}(\%) = (\sigma^*_{1N} - \sigma_{1N}) / \sigma^*_{1N} \times 100$$

上記の式を全要素について計算すると、表5に示す様に全要素のしわ余裕度が算出され、しわ余裕度データの記憶部6に記憶する。

【0032】(4) しわ余裕度データの等高線分布出力手段7において、図17に示すようにしわ余裕度の等高線分布が画面ディスプレイ等の出力装置に出力する。図17に示される等高線は同一値のしわ余裕度の位置を表し、等高線に付した数値がしわ余裕度を表し、この値が大きい程しわ余裕度が高いことを意味する。しわ余裕度0の等高線は、限界応力境界線である。

【0033】

【表5】

8

要素番号 N	しわ余裕度 I_{WN} (%)
1	78
2	76
3	75
4	65
5	58
6	52
7	16
8	36
9	49
10	54
.	.
.	.
.	.
900	100

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、金属板が塑性変形する過程を有限要素法で数値シミュレートしたときの結果を画面に表示する際に、加工不良現象である破断及び／またはしわが生じる危険性を視覚的に瞬時に把握でき、型設計者が特に金属板の成形加工技術の経験を有せずとも型設計を効率良く行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の方法を一態様で実施するデータ処理装置の概要を示すブロック図である。

【図2】 図1に示す破断限界ひずみデータ記憶部3に格納されているデータの内容を示す図表である。

【図3】 図1に示すしわ限界応力データ記憶部4に格納されているデータの内容を示す図表である。

【図4】 従来の表示方法を実施するデータ処理装置の概要を示すブロック図である。

【図5】 金属板の破断限界線を示すグラフである。

【図6】 金属板のしわ限界線を示すグラフである。

【図7】 球頭張出し成形の受け工具の主要部の縦断面図である。

【図8】 成形対象の金属板の、有限要素法(FEM)による数値シミュレートのための要素区分を示す斜視図である。

【図9】 成形後の金属板の、図8に示す要素区分の、成形による変形を示す斜視図である。

【図10】 本発明の実施例の解析に用いた材料の破断限界線を示すグラフである。

【図11】 本発明の表示方法によって得られる破断余裕度の等高線分布の数例を示す等高線図である。

【図12】 従来の表示方法によるひずみの等高線分布の数例を示す等高線図である。

【図13】 (a)は角筒深絞り形成の工具の主要部の縦断面図、(b)は(a)のB-B線断面図である。

【図 14】 成形対象の金属板の、有限要素法 (FEM) による数値のシミュレートのための要素区分を示す斜視図である。

【図 15】 成形後の金属板の、図 14 に示す要素区分の成形による変形を示す斜視図である。

【図 16】 本発明の実施例の解析に用いた材料のしわ限界線を示すグラフである。

【図 17】 本発明の表示方法によって得られるしわ余裕度の等高線分布の数例を示す等高線図である。

【図 18】 従来の表示方法によるひずみの等高線分布の数例を示す等高線図である。

【符号の説明】

1 : ひずみデータ及び/または応力データ入力手段

* 2 : ひずみデータ及び/または応力データ記憶部

3 : 破断限界ひずみデータ記憶部

4 : しわ限界応力データ記憶部

5 : 破断余裕度データ及び/またはしわ余裕度データ算出手段

6 : 破断余裕度データ及び/またはしわ余裕度データ記憶部

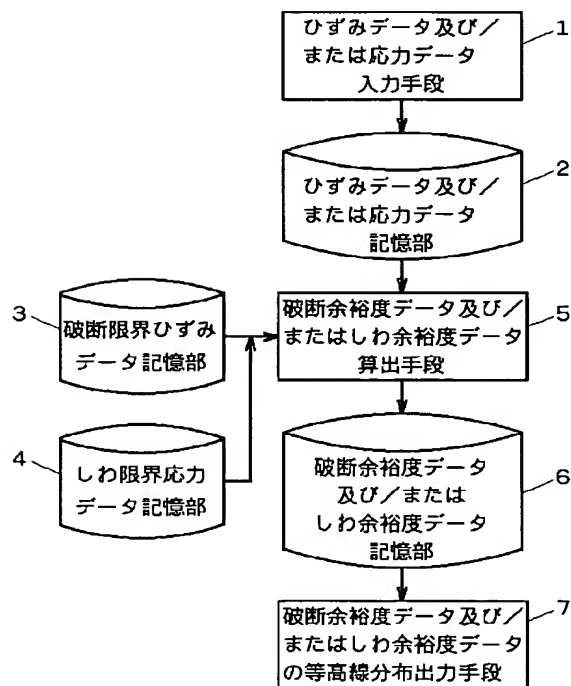
7 : 破断余裕度データ及び/またはしわ余裕度データの等高線分布出力手段

10 8 : 破断限界ひずみデータ記憶部の内部構造

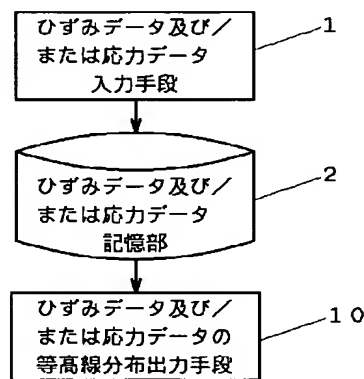
9 : しわ限界応力データ記憶部の内部構造

10 : ひずみデータ及び/または応力データの等高線分布出力手段

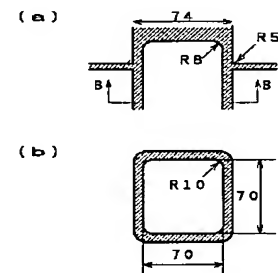
【図 1】



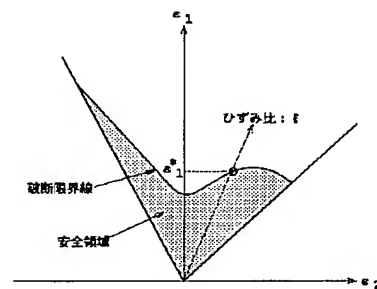
【図 4】



【図 13】



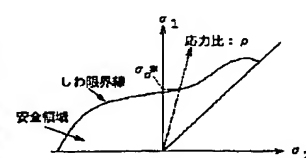
【図 5】



【図 2】

破断限界ひずみ情報				破断限界ひずみ情報
材料コード	材料強度情報	材料グレード情報	表面処理情報	両軸に主ひずみをとった平面座標系における破断限界線データ

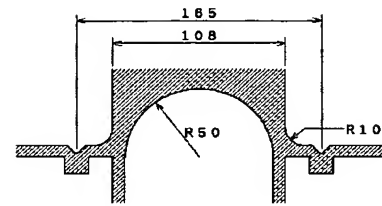
【図 6】



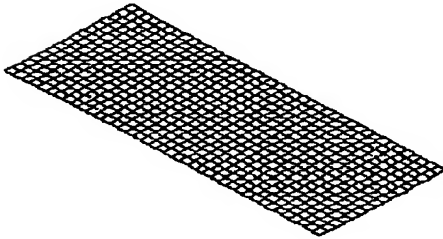
【図3】

しわ限界応力情報				しわ限界応力情報
材種	材料強度情報	材料グレード情報	表面処理情報	両軸に主応力をとった平面座標系におけるしわ限界線データ

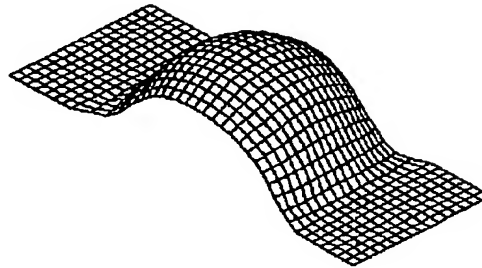
【図7】



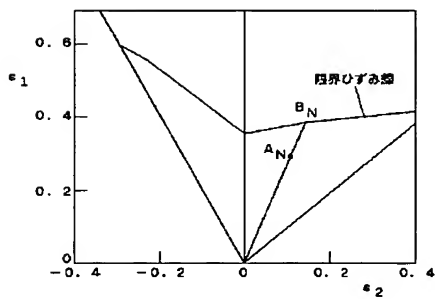
【図8】



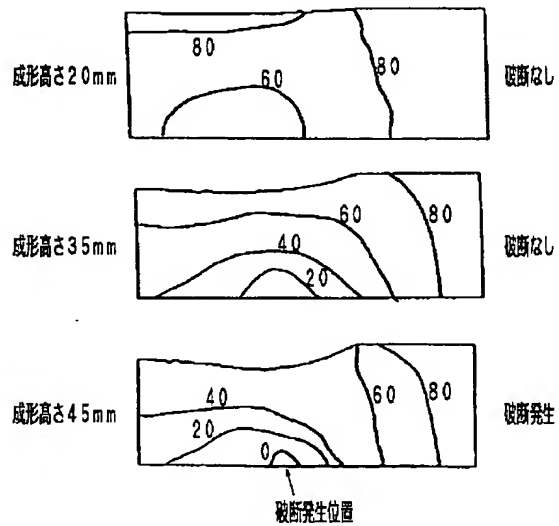
【図9】



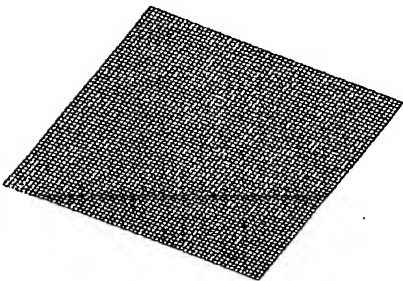
【図10】



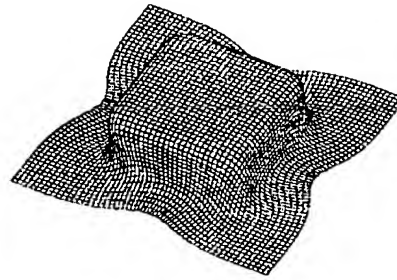
【図11】



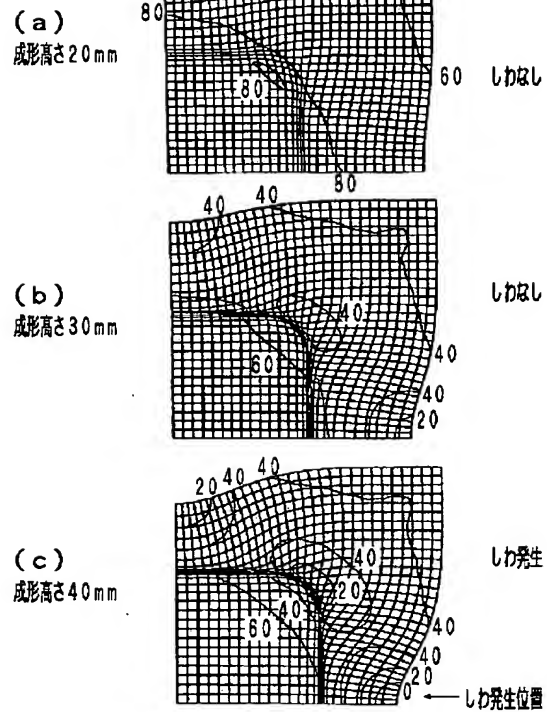
【図14】



【圖 15】



【圖 17】



【図 18】

